نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد 24 شماره 3/ پاییز 1393

برآورد شاخص‌های کارآیی نیتروژن و تغییرات عناصر غذایی در گندم تحت تأثیر مدیریت بقایا و منابع مختلف کود نیتروژنه

سیده سمانه سهرابی[1*]، اسفندیار فاتح[2]، امیر آینه بند[2]، افراسیاب راهنما[2]

تاریخ دریافت: 92/04/30 تاریخ پذیرش: 92/11/26

1- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد اگرواکولوژی دانشگاه شهید چمران اهواز

2- به ترتیب استادیار، دانشیار و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

*. مسئول مکاتبه: E-mail: seyedehsamanehsohrabi@gmail.com

چکیده

به منظور برآورد شاخص‌های کارآیی نیتروژن و میزان عناصر غذایی در گندم تحت تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و منابع مختلف کود نیتروژنه آزمایشی در سال زراعی 91- 1390 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در 3 تکرار انجام شد. سه سطح مدیریت بقایای گیاهی (حذف بقایا، سوزاندن بقایا و برگرداندن بقایا) به عنوان عامل اصلی و 5 منبع کود نیتروژن (شاهد، 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار+ کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته‌شد. نتایج نشان داد که برگرداندن بقایا حتی در مدت کوتاه دوره رشد گیاه توانسته است اثرات مثبتی بر خاک داشته و تا حدی باعث افزایش میزان عناصر شود. حداکثر میزان کارآیی جذب نیتروژن در استفاده از روش برگرداندن بقایا به‌همراه استفاده از کود بیولوژیک حاصل شد و بیشترین شاخص برداشت نیتروژن نیز در همین ترکیب تیماری به‌همراه مصرف 75 کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد، گرچه این شاخص به طور معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت‌های اعمال شده بر بقایا قرار نگرفت. سوزاندن بقایای گیاهی نیز تأثیر مثبتی بر شاخص کارایی مصرف و به کارگیری نیتروژن داشت. قابل ذکر است که برای تمام شاخص‌های نیتروژن اندازه‌گیری شده تیمار حذف بقایا کمترین کارآیی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: کارآیی مصرف نیتروژن، کود بیولوژیک، گندم، مدیریت بقایای گیاهی.

Assessment of Nitrogen Efficiency Indices and Variation in Nutrients Uptake of Wheat Influenced by Crop Residue Management and Different Nitrogen Fertilizer Sources

SS Sohrabi[1*], E Fateh[2], A Aynehband[2], A Rahnama[2]

Recieved: July 21, 2013 Accepted: February 15, 2014
[1] MSc. Graduate, Agro-Ecology, Chamran University, Ahvaz, Iran
[2] Assist. Prof., Assoc. Prof. and Assist. Prof., Faculty of Agriculture Chamran University, Ahvaz, Iran
[*]Corresponding Author: seyedehsamanehsohrabi@gmail.com

Abstract

In order to assessment of nitrogen efficiency indices in wheat influenced by crop residue management and nitrogen sourses, a field study was conducted at the Agricultural Faculty of ShahidChamran University of Ahvaz during 2011-2012. The experimental design was split plot at randomized completed block design arrangement with three replications. The main plot were different wheat residue management at three levels (removal of residues, residue incorporated into the soil and burning) and the subplot were different nitrogen resources (control, 75 & 150 kg/ha urea, Supernitroplus biological fertilizer(SNBF) and 75 kg/ha urea fertilizer+ SNBF. The result showed that the residue incorporated to the soil management had positive effect on soil properties even in short time and increased the nutrient uptake. The highest nitrogen uptake efficiency (NUE) was obtained at residue incorporation to the soil in combination with biological fertilizer. Also, the highest nitrogen harvest index (NHI) was revealed at residue incorporation to the soil in combination with 75 kg/ha Urea fertilizer. Residue management had not significant effect on NHI. Burning of residue had a positive effect on NUE and UTE. It is revealed that removal residue treatment had the lowest efficiency indices.

Keywords: Biologic fertilizer, Crop Residue Management, Nitrogen Use Efficiency, Wheat

مقدمه

با توجه به روند افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر، افزایش تولیدات کشاورزی برای جمعیت در حال رشد و توجه به مسائل زیست محیطی و مسائل اقتصادی از جمله اهداف بلند مدت کشاورزی پایدار می‌باشند. افزایش کارآیی منابع، جایگزینی منابع و طراحی بوم نظام‌ها سه راهکار عمده برای نیل به این هدف می‌باشند (گلیسمن 2001). جهت حفظ خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی آن و حفظت عادل عوامل زیست محیطی، ضرورت مصرف مواد آلی و افزایش درصد آن در خاک‌های کشور امری اجتناب ناپذیراست (قوشچی و همکاران 1389). رسولی و مفتون (1389) نیز بیان

کردند که یکی از ارزنده‌ترین خواص ضایعات آلی اثر باقی‌ماندهآن‌ها است، به طوری‌که اثرات طولانی‌مدت مواد آلی به صورت بهبود در تولید و یا کاهش نهاده‌های تولید ظاهر می‌شود. در سال‌های اخیر، به جنبه‌های کیفی خاک و افزایش تولید گیاهان زراعی با استفاده از بقایای گیاهی، کودهای سبز و کودهای آلی دیگر به عنوان منابع تأمین کننده ماده آلی خاک و عناصر غذایی گیاهان توجه بسیاری شده است (کومار و گو 2000). باخت و همکاران (2009) با طراحی آزمایشی برای ارزیابی تأثیر مدیریت بقایای گیاهی دریافتند که برگرداندن بقایای گیاهی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه و کاه گندم را طی همه سال‌ها افزایش داد. هم‌چنین کاربرد بقایا باعث افزایش جذب نیتروژن در دانه و کاه گندم و افزایش 1/23 برابری نیتروژن معدنی خاک شد که البته این نسبت برای تیمارهای حاوی کود نیتروژنه بیشتر بود؛ بدین ترتیب، اولین گام برای رسیدن به پایداری، افزایش کارآیی منابع از سطح تولید تا مصرف محصولات می‌باشد. برای بهبود و افزایش کارآیی زراعی مصرف نیتروژن در سطح مزرعه باید به دنبال اتخاذ راهکارهای مدیریتی مناسب بود. بهبود روش‌های مصرف کود و در نظر گرفتن زمان مصرف کود و کاربرد آن هم‌زمان با بیشترین نیاز گیاه، کشت مخلوط، تناوب زراعی و هم‌چنین مدیریت مصرف کود هم‌راستا با مدیریت آبیاری برای کاهش آبشویی از جمله راهکارهای مدیریتی در سطح مزرعه برای افزایش کارآیی مصرف نیتروژن می‌باشد (کوچکی و همکاران 1386). بنا به تعریف کارآیی مصرف نیتروژن عبارت از عملکرد محصول زراعی یا سیستم تناوبی (میزان تولید دانه، غده، ریشه یا علوفه خشک) به ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس در خاک است (مول و همکاران 1982). طبق این تعریف کارآیی مصرف نیتروژن از حاصلضرب دو مولفه کارآیی جذب نیتروژن[1] و کارآیی بهره‌وری نیتروژن[2] تشکیل می‌شود. کارآیی جذب نیتروژن گویای مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه یا سیستم تناوبی به ازاء هر واحد نیتروژن فراهم شده در خاک می‌باشد و توانایی گیاه را در جذب نیتروژن قابل دسترس در خاک نشان می‌دهد. کارآیی بهره‌وری نیتروژن نیز عبارت است از عملکرد محصول زراعی یا سیستم تناوبی به ازای هر واحد نیتروژن جذب شده. به عبارت دیگر کارآیی بهره وری نیتروژن توانایی گیاه را در استفاده از نیتروژن جذب شده جهت تولید محصول اقتصادی نشان می‌دهد. به‌نظر ماهلر و همکاران (1994) در شرایط موجود و مواجه با فشارهای رو به تزاید اقتصادی و محیطی بوم‌نظام‌های زراعی رایج، به منظور توسعه پایدار بوم‌نظام‌های زراعی می‌بایست تحقیقات گسترده‌ای در جهت افزایش کارآیی مصرف نیتروژن[3] به خصوص در مناطق نیمه خشک صورت پذیرد. کارآیی استفاده از نیتروژن در محصولات دانه‌ای در کشورهای پیشرفته 15 کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم مصرف نیتروژن است. کارآیی جهانی بازیافت کودهای نیتروژنی[4] برای تولید غلات حدود 33 درصد گزارش شده‌است که این میزان برای کشورهای در حال توسعه و پیشرفته به ترتیب 29 و 42 درصد می‌باشد و بقیه که رقمی بالغ بر 15/9 میلیارد دلار می‌باشد، به صورت هدررفت نیتروژن به شکل‌های تصعید، فرسایش و آبشویی می‌باشد (راون و جانسون 1999). مدیریت صحیح کودهای حاوی نیتروژن به منظور بهبود کارآیی مصرف این عنصر می‌تواند افزایش بهره‌وری اکوسیستم‌های زراعی را امکان‌پذیر سازد (آنکوما و همکاران 2003). با این‌حال، الوان و عبدالحامد (2011) معتقدند که منابع آلی، شیمیایی و یا بیولوژیک نیتروژن می‌توانند بر کارآیی مصرف نیتروژن اثر متفاوتی داشته باشند. معمولاً بالاترین کارآیی با مصرف اولین واحد کودی حاصل می‌شود. با افزایش میزان کود نیتروژن،

[1] Nitrogen uptake efficiency

[2] Nitrogen utilization efficiency
[3] Nitrogen use efficiency
[4] Nitrogen apparent recovery fraction (NARF)

واحدهای بعدی افزایش کمتری را موجب می‌شوند. مارینو و همکاران (2004) گزارش دادند که کارآیی مصرف نیتروژن گندم با افزایش سطح کود نیتروژن از 50 به 250 کیلوگرم در هکتار، 60 درصد کاهش یافت و از 44/2 به 17/6 کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن رسید.وانگ و همکاران (2007) نیز با بررسی تأثیر بقایای گیاهی بر کارآیی جذب نیتروژن در بلند مدت دریافتند که بقایای گیاهی که به‌طور مستمر و سالانه به کار برده شدند، پس از چهار سال تأثیر معنی‌داری بر افزایش کارآیی جذب نیتروژن در گندم داشت. در این آزمایش با افزایش مقادیر نیتروژن مصرفی از صفر تا 221 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارآیی جذب نیتروژن در گندم کاهش یافت. نتایج طاریق جان و همکاران (2010) نیز نشان داد که استفاده از کود نیتروژن نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) کارآیی جذب نیتروژن را بهبود بخشیده است. هم‌چنین اظهار داشتند که آزاد سازی تدریجی نیتروژن (نیتروژن آزاد شده از بقایای گیاهی و گیاهان کود سبز) نسبت به آزاد سازی سریع آن (نیتروژن آزاد شده از کودهای شیمیایی) کارآیی جذب نیتروژن را افزایش داده‌است. رحیمی زاده و همکاران (1389) نیز با اجرای آزمایشی نشان دادند که کارآیی مصرف، جذب و کارآیی بهره‌وری نیتروژن در میان تناوب‌های زراعی متفاوت بود و تحت تأثیر مقادیر متفاوت کود نیتروژن مصرفی قرار گرفت. در حالی‌که برگشت بقایای محصول پیش‌کاشت گندم تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف نیتروژن نداشت. هم‌چنین نتایج ایشان نشان داد که با افزایش سطح مصرف نیتروژن در تمامی تناوب‌های زراعی شاخص کارآیی نیتروژن کاهش یافت. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از انجام پژوهش حاضر تعیین شاخص‌های کارایی نیتروژن و بررسی تغییرات عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک و گیاه تحت تأثیر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین شاخص‌های کارآیی نیتروژن و بررسی تغییرات عناصر غذایی در خاک و گیاه تحت تأثیر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن گندم پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی- آموزشی دانشکده کشاورزی شهید چمران اهواز با موقعیت 31 درجه و 19 دقیقه‌ی عرض جغرافیایی و 48 درجه و 41 دقیقه‌ی شرقیطول جغرافیایی و در حاشیه غربی رود کارون با ارتفاع 20 متر از سطح دریا طی سال زراعی 91-1390 به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول 1 ارائه شده است. سه سطح مدیریت بقایای گیاهی (حذف بقایا، سوزاندن بقایا و برگرداندن بقایا) به عنوان عامل اصلی و پنج منبع کود نیتروژن (شاهد، 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار+ کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس) به عنوان عامل فرعی بود. جهت اعمال مدیریت‌های مختلف بقایا در اواسط شهریور ماه بقایای بر جا مانده از کشت گندم سال قبل با توجه به طرح آزمایشی در کرت‌های مشخص شده حذف، سوزانده یا به خاک برگردانده شدند. تیمار حذف بقایا به این صورت بود که بقایای گندم سال قبل با داس از سطح زمین برداشت شده و از کرت های مربوطه خارج شد.کشت در 30 آبان در کرت‌های آماده شده با هشت خط کشت به طول دو متر و فاصله بین ردیف‌ها 20 سانتی متر صورت گرفت. رقم مورد استفاده چمران بود. مقادیر کود پایه فسفر و پتاسیم بر اساس نسبت‌های بهینه برای کشت گندم در این منطقه استفاده شدند. برای تأمین میزان نیتروژن لازم برای هر کدام از تیمارهای 75 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کود اوره استفاده شد و برای تأمین منبع بیولوژیک نیتروژن از کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس استفاده شد. کود اوره بر اساس

جدول1- مشخصات فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مورد استفاده قبل از آزمایش (عمق 0-30 سانتی‌متر)

ویژگی‌های خاک				مواد معدنی خاک		
اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)	مواد آلی (%)	نوع بافت	نیتروژن کل (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم قابل تبادل (mg/kg)
7/8	4/1	0/54	لوم شنی	0/054	12/6	120

مقدارهای تعیین شده برای هر کرت به صورت 1/3 به هنگام کاشت و 2/3 باقی مانده به صورت سرک در ابتدای مرحله ساقه رفتن و پنجه دهی مصرف شد. برای اعمال تیمارهای بیولوژیک نیز قبل از کاشت بذور با کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس تلقیح شده و سپس کشت شدند.اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت و با سیفون صورت گرفت و در سه ماه ابتدای رشد با دور 7 روز و در پایان فصل هر 12 روز انجام گردید. کنترل علف های هرز نیز به صورت دستی به طور مرتب صورت گرفت. پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به منظور تعیین عملکرد دانه، ضمن رها سازی خطوط حاشیه، برداشت از یک متر مربع هر کرت انجام گرفت. برای اندازه‌گیری محتوی نیتروژن اندام هوایی، ابتدا نمونه‌های خشک گیاهی توسط آسیاب مخصوص خرد گردید و مقدار 0/5 گرم از نمونه های آسیاب شده به روش کجلدال مورد تجزیه قرار گرفت و درصد نیتروژن هر یک از نمونه‌ها تعیین شد. شاخص‌های مرتبط با کارآیی نیتروژن نیز توسط فرمول‌های زیر محاسبه شد (هوگینز و پان، 1993):

$$\text{کارآیی بکارگیری نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)} = \frac{\text{دانه عملکرد}}{\text{مجموع نیتروژن جذب شده توسط گیاه}}$$

$$\text{کارآیی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)} = \frac{\text{مجموع نیتروژن جذب شده توسط گیاه}}{\text{ذخیره نیتروژن خاک}}$$

$$\text{کارآیی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)} = \frac{\text{ذخیره نیتروژن خاک}}{\text{دانه عملکرد}}$$

$$\text{شاخص برداشت نیتروژن}[1]\text{ (درصد)} = 100 \times \frac{\text{نیتروژن دانه}}{\text{مجموع نیتروژن جذب شده توسط گیاه}}$$

در این رابطه ذخیره نیتروژن خاک= نیتروژن مصرف شده به صورت کود+ نیتروژن مصرف شده در طول فصل رشد گیاه+ ذخیره نیتروژن خاک قبل از کشت گیاه زراعی.

نتایج و بحث

جهت تجزیه‌ی شیمیایی خاک و نمونه‌های گیاهی پس از برداشت گیاه و گرفتن نمونه خاک و گیاه از روش اولسون (1954) برای اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک و غلظت آن در گیاه استفاده شد و در نهایت با دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد و برای اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب خاک و غلظت آن در گیاه به روش جکسون (1958) و با کمک دستگاه فلم فتومتر صورت

[1]Nitrogen Harvest Index

گرفت. در نهایت تجزیه آماری داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9/1 صورت گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD مقایسه شدند. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCELصورت گرفت.

تغییرات عناصر غذایی در خاک و گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عناصر غذایی خاک و گیاه (جدول2) حاکی از اینست که اثرمدیریت بقایا بر تمامی عناصر بجز پتاسیم و فسفر دانه معنی‌داری بود. اثر منابع نیتروژن نیز بر تمامی عناصر بجز فسفر خاک و پتاسیم دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل این تیمارها نیز بر روی همه عناصر اندازه گیری شده معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول3) نیز نشان دهنده اثر مثبت برگرداندن بقایای گیاهی بر میزان عناصر در خاک بود به طوری‌که بیشترین مقادیر با تفاوت معنی‌دار برای فسفر خاک با میانگین (140/8 میلی گرم بر کیلوگرم)، نیتروژن خاک (0/057 درصد) و پتاسیم خاک (8/02 میلی گرم بر گرم) در تیمار برگرداندن بقایا مشاهده شد. با این وجود روند این تغییرات برای جذب عناصر و مقدار اندوخته شده آن در دانه گندم مشاهده نشد و میانگین‌ها حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح مدیریت بقایا برای میزان پتاسیم و فسفر دانه بود و میزان نیتروژن دانه در تیمارهای حذف و برگرداندن بقایا تفاوت معنی‌داری نداشت ولی در تیمار سوزاندن بقایا با میانگین (1/75 درصد) کمترین میزان نیتروژن دانه به‌دست آمد. نتایج برای منابع نیتروژن نیز نشان داد که حداکثر میزان نیتروژن خاک بدون تفاوتمعنی‌دار در تیمارهای 150 کیلوگرم در هکتار اوره و تیمار کود بیولوژیک مشاهده شد ولی کاربرد این منابع کودی تفاوت معنی‌داری بر میزان فسفر خاک نداشته است. استفاده از منابع کودی شیمیایی در دو سطح 75 و 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره بیشترین مقدار نیتروژن در دانه را نتیجه داد و کمترین حد نیتروژن دانه در تیمارهای شاهد یا با کاربرد کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس حاصل شد. بیشترین میزان فسفر دانه (2561/8 میلی گرم بر کیلوگرم) با کاربرد ترکیب کود بیولوژیک و شیمیایی حاصل شد البته کاربرد کود بیولوژیک به تنهایی نیز همین نتیجه را در پی داشت. هم‌چنین بیشترین میزان پتاسیم دانه (4/04 میلی گرم بر گرم) با کاربرد کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس به‌دست آمد که این نتیجه تنها با کاربرد 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره با میانگین (3/4 میلی گرم بر گرم) تفاوت معنی‌داری را ایجاد نموده است. برهم‌کنش‌ها نیز حاکی از این بود که در تیمار حذف بقایا با مصرف 75 کیلوگرم اوره در هکتار بیشترین درصد نیتروژن دانه (2/31 درصد) و در کاربرد کود بیولوژیک به‌همراه مدیریت سوزاندن بقایا کمترین میزان نیتروژن در دانه (1/58 درصد) به‌دست آمد (شکل 1).

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس نیتروژن ، فسفر و پتاسیم خاک و دانه گندم تحت تأثیر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		نیتروژن دانه	نیتروژن خاک	فسفر دانه	فسفر خاک	پتاسیم دانه	پتاسیم خاک
تکرار	2	0/005	0/000004	985407	48/6	0/43	0/006
مدیریت بقایا	2	0/322*	0/0001*	114664^{ns}	7768/2*	0/01^{ns}	1/95*
خطای اصلی	4	0/013	0/000002	259149	800/9	0/18	0/01
منابع نیتروژن	4	0/085*	0/00003*	1178036*	943/7^{ns}	0/47^{ns}	0/19*
مدیریت بقایا × منابع نیتروژن	8	0/05*	0/00005*	485845*	5533/1*	0/95*	0/09*
خطای فرعی	24	0/007	0/000003	108516	1588/4	0/22	0/006
ضریب تغییرات (%)		4/4	3/45	15/2	3/15	12/5	1/04

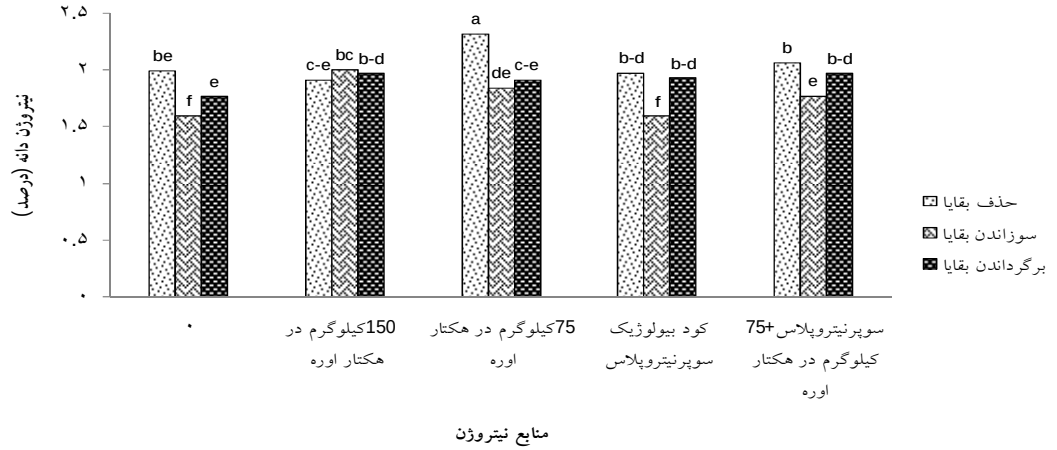
** ، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

جدول 3- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر نیتروژن ، فسفر و پتاسیم خاک و دانه گندم

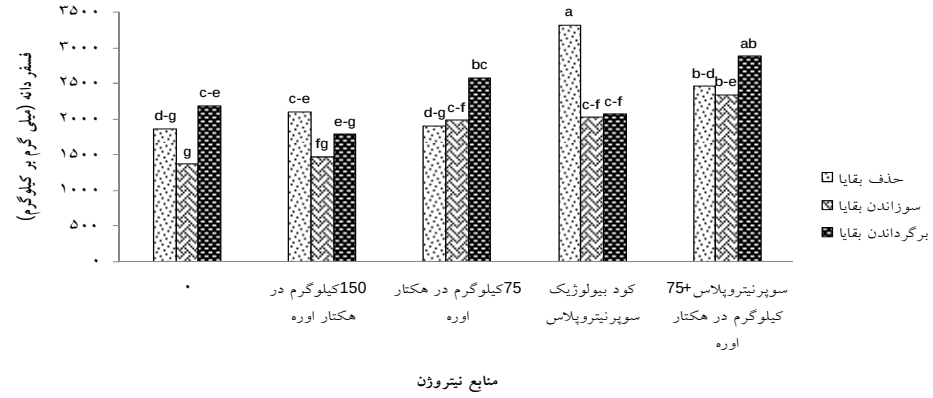
تیمارهای آزمایش	نیتروژن دانه (%)	نیتروژن خاک (%)	فسفر دانه (mg/kg)	فسفر خاک (mg/kg)	پتاسیم دانه (mg/kg)	پتاسیم خاک (mg/kg)
مدیریت بقایا						
حذف بقایا	2/04 a	0/054 b	2330/7a	100/1b	3/83 a	7/6b
سوزاندن بقایا	1/75c	0/051c	1836/7 a	138/1a	3/82 a	7/3c
برگرداندن بقایا	1/9ab	0/057a	2298/8a	140/8a	3/7 a	8/02a
منابع نیتروژن						
عدم مصرف کود	1/78c	0/054b	1804/8c	121/9a	3/6ab	7/8a
150 کیلوگرم در هکتار اوره	1/95ab	0/056a	1784/9 c	138/9a	3/9ab	7/7ab
75 کیلوگرم در هکتار اوره	2/01a	0/051c	2156/7b	114/3a	3/4b	7/5b
سوپرنیتروپلاس	1/82c	0/055ab	2468/8ab	121/6a	4/04a	7/7ab
سوپرنیتروپلاس+75 کیلوگرم در هکتار اوره	1/93b	0/054 b	2561/8a	135/04a	3/9ab	7/4b

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح آماری 5 درصد معنی‌دار نمی‌باشند

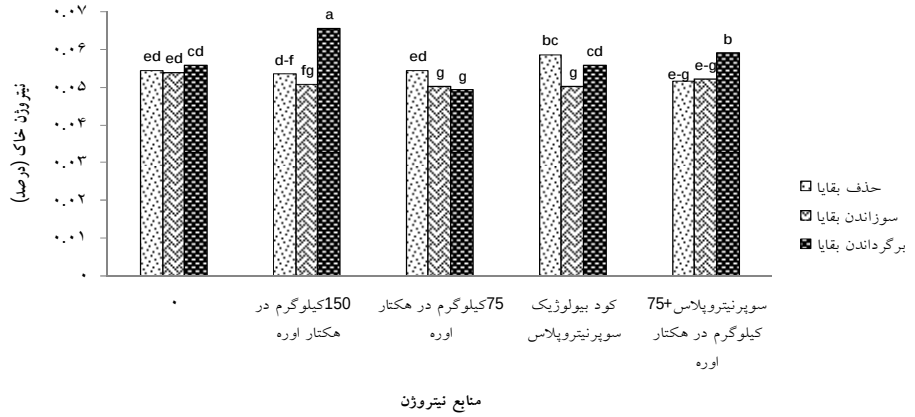
تأثیر برهم‌کنش تیمارهای به‌کاررفته بر میزان نیتروژن خاک نیز نشان داد که کاربرد 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره با برگرداندن بقایا بیشترین (0/065 درصد) و کاربرد 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره با وجود برگرداندن بقایا کمترین (0/049 درصد) میزان نیتروژن خاک را نتیجه داد (شکل 2). به طور کلیآزاد شدن عناصر قابل استفاده گیاه به فعالیت میکروبی معدنی‌شدن و غیر متحرک شدن وابسته است و تعادل بین این دو به کیفیت بقایای اولیه (نسبت C/N)، فراهمی عناصر در خاک و سطح فعالیت میکروبی بستگی دارد (سویفت و همکاران 1979 و ملیلو و همکاران 1982).در پی استفاده از بقایای گیاهی با کیفیت پایین که میزان نیتروژن کمی دارند، جوامع میکروبی، نیتروژن مورد نیاز خود را از منابع کودی تأمین می‌کنند. در این حالت فرم معدنی نیتروژن به فرم آلی تبدیل می‌شود که برای گیاه قابل استفاده نیست.بنابراین در صورت استفاده ازمقادیر اضافی کود نیتروژن این کاهش جبران خواهد شد.



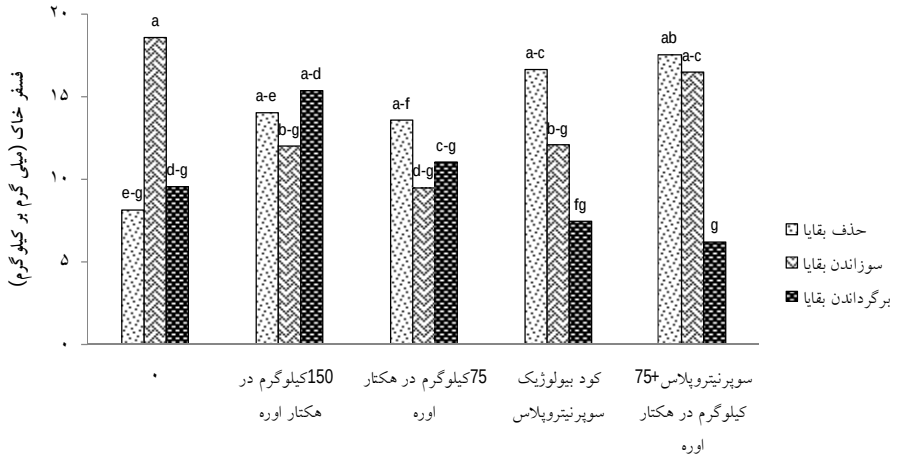
شکل 1– مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر نیتروژن دانه



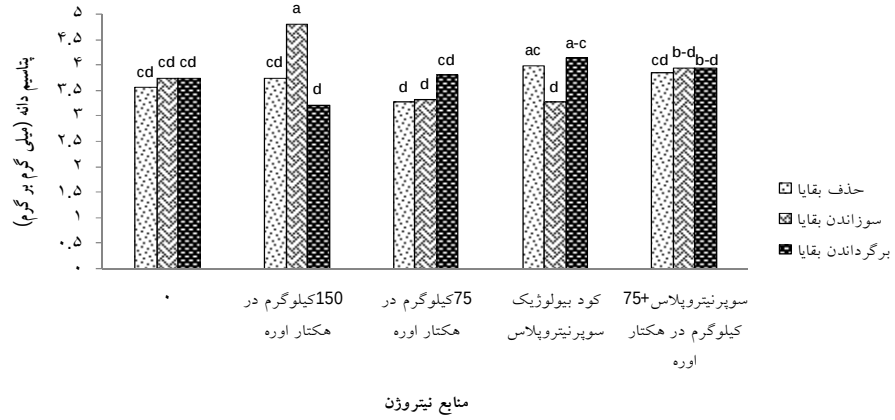
شکل 2- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر نیتروژن خاک



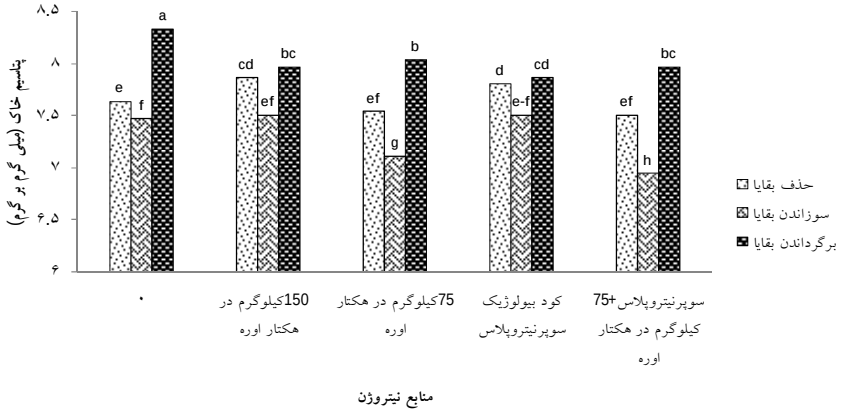
شکل 3- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر فسفر دانه



شکل 4- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر فسفر خاک



شکل5– مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر پتاسیم دانه



شکل 6- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر پتاسیم خاک

گزارش‌های ساکالا و همکاران (2000)، جنتیل و همکاران (2008) حاکی از این است که استفاده از کود به‌همراه برگرداندن بقایا در مقایسه با استفاده از بقایای ذرت به‌تنهایی باعث افزایش نیتروژن قابل استفاده شده است. حذف بقایا با کاربرد کود بیولوژیک بیشترین (3318/7 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سوزاندن بقایا بدون کاربرد کود کمترین (1366/5 میلی‌گرم بر کیلوگرم) میزان فسفر دانه را نشان دادند (شکل 3). هم‌چنین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین (186/8 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین (62/7 میلی‌گرم بر کیلوگرم) میزان فسفر در خاک به ترتیب در ترکیب‌های تیماری سوزاندن بقایا بدون استفاده از کود و برگرداندن بقایا با کاربرد مخلوط کود بیولوژیک و شیمیایی مشاهده شد (شکل 4). اقبال(2009) نیز بیان کرد که بقایای آلی می‌توانند جذب سطحی فسفر را کاهش داده و در نتیجه دسترسی به فسفر را برای گیاهان افزایش دهند. ولی نکته حائز اهمیت این است که در اثر کاربرد توأم برگرداندن بقایا و مخلوط کود بیولوژیک و شیمیایی این نتیجه دست‌خوش تغییر شده و کمترین میزان فسفر را در خاک نشان می‌دهد که ممکن است ناشی از وجود یک رابطه منفی بین میکروارگانیسم‌های موجود در کود بیولوژیک با مکانیسم آزاد سازی فسفر در خاک باشد.

گانگوار(2006) نیز نشان داد که سوزاندن بقایای گیاهی باعث تلفات 80 درصدی نیتروژن، 25 درصدی فسفر، 21 درصدی پتاسیم و 40 تا 60 درصدی گوگرد شده و سبب از بین رفتن میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود که همین امر باعث کاهش جذب و در نتیجه کاهش میزان فسفر دانه می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. بیشترین میزان پتاسیم دانه (4/8 میلی‌گرم بر گرم) نیز در تیمار سوزاندن بقایا به‌همراه کاربرد 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و کمترین میزان آن در تیمار برگرداندن بقایا به‌همراه 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌دست آمد (شکل 5). پتاسیم خاک نیز در تیمار برگرداندن بقایا بدون مصرف کود بیشترین میزان پتاسیم (8/3 میلی‌گرم بر گرم) و سوزاندن بقایا همراه با مخلوط کود بیولوژیک و شیمیایی (6/9 میلی‌گرم بر گرم) کمترین میزان پتاسیم را داشت (شکل 6). به‌طورکلی برای تمام تیمارهای کودی، برگشت بقایا بیشترین میزان پتاسیم در خاک را به‌همراه داشت. از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که برگشت کاه و کلش گندم به خاک مانند منبعی بالقوه از عناصر غذایی عمل می‌نماید که با آزاد کردن تدریجی عناصر باعث افزایش میزان آن در خاک می‌شود. نکته قابل توجه این است که در شرایط عدم مصرف کود و یا سطوح پایین کود اوره تجزیه بقایا به کندی صورت گرفته و در نتیجه آن جذب کمتری از عناصر توسط گیاه صورت می‌گیرد، که همین امر ممکن است باعث تجمع پتاسیم در خاک و افزایش میزان آن شده باشد. هم‌چنین با توجه به میزان بالای تلفات عناصر در صورت سوزاندن بقایای گیاهی پایین بودن میزان پتاسیم خاک در این تیمارها طبیعی به نظر می‌رسد. هم‌چنین ممکن است که جذب شدید پتاسیم توسط گیاه به‌علت سهل‌الوصول بودن آن در تیمار سوزاندن بقایا صورت گرفته باشد که از میزان آن در خاک کاسته شده باشد. مطالعات دیبرت و اوتر (2002) و وانگ و همکاران (2008) نیز افزایش پتاسیم، نیتروژن، فسفر و ماده آلی خاک در اثر بقایای گیاهی را تأیید می‌نماید.

کارآیی مصرف نیتروژن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 4) نشان داد که اثر مدیریت‌های مختلف بقایا بر کارآیی مصرف نیتروژن در سطح 5 درصد معنی‌دار و اثرات منابع مختلف نیتروژن و برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار نبود. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز (جدول 5) مشخص شد که در بین مدیریت‌های مختلف بقایا، تیمار سوزاندن بقایا بیشترین (20/4 کیلوگرم بر کیلوگرم) و تیمار حذف بقایا با میانگین 10/2 کیلوگرم بر کیلوگرم کمترین کارآیی مصرف نیتروژن را نشان دادند. علی‌رغم معنی دار نبودن برهم‌کنش‌ها نیز مشخص شد که ترکیب مدیریت سوزاندن بقایا و استفاده ازکود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس بیشترین (24/2 کیلوگرم بر کیلوگرم) و حذف بقایا به‌همراه کاربرد کود بیولوژیک کمترین کارآیی مصرف نیتروژن (8/1 کیلوگرم بر کیلوگرم) را نشان داد. با توجه به معنی‌داری نوع مدیریت بقایا بر میزان این شاخص می‌توان چنین عنوان کرد که چون کمترین درصد نیتروژن خاک (0/051) در تیمار سوزاندن بقایا حاصل شده است (جدول 3) و با عنایت به این مطلب که در این تیمار مدیریتی حداکثر عملکرد دانه مشاهده شده است (نتایج آورده نشده است) افزایش این شاخص در این تیمار منطقی به‌نظر می‌رسد. گرچه همزمانی تأمین نیتروژن با نیاز گیاه نقش مهمی در افزایش کارآیی این عنصر دارد و مواد آلی می‌توانند نقش بسیار مهمی را در افزایش کارآیی نیتروژن ایفا کنند (کوچکی و همکاران 1386، فاگریا و بالیگار 2005). نتایج آزمایش‌های یادویندر و همکاران (2004) و توی و همکاران (2008) نشان داد برگشت بقایا در یک نظام تناوبی چهار ساله اثر معنی‌داری بر عملکرد برنج و کارآیی مصرف نیتروژن نداشت. لیمون اورتگا و همکاران (2008) نیز بیان کردند که کارایی مصرف

نیتروژن در سوزاندن بقایای گیاهی از تیمار برگرداندن بقایا بیشتر می باشد که با نتایج حاضر هم‌خوانی دارد. اوتو و پریز (2010) نیز پایین‌ترین کارآیی مصرف نیتروژن در گندم را در تیمار شاهد (تیماری که هیچ نوع کودی دریافت نکرده بود) مشاهده کردند. رضوانی‌مقدم و همکاران (1393) نیز عنوان کردند که عدم تأثیر کودهای زیستی در کنار مصرف کودهای آلی را می‌توان در ارتباط با شرایط خاک به‌ویژه ناحیه ریزوسفر ریشه دانست که می‌تواند بر جمعیت این ریزوباکتری‌ها تأثیر نامطلوبی داشته باشد.

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس کارآیی مصرف، جذب، به کارگیری و شاخص برداشت نیتروژن تحت تأثیر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	کارآیی مصرف نیتروژن	کارآیی جذب نیتروژن	کارآیی به‌کارگیری نیتروژن	شاخص برداشت نیتروژن
تکرار	2	75/18*	0/004^{ns}	165/6*	9/4^{ns}
مدیریت بقایا	2	426/7*	0/02*	516/7 *	7/8 ^{ns}
خطای اصلی	4	37/35	0/002	66/6	12/7
منابع نیتروژن	4	11/6^{ns}	0/09*	84/09*	4/3 ^{ns}
مدیریت بقایا × منابع نیتروژن	8	23/5^{ns}	0/008 *	39/2^{ns}	32/7*
خطای فرعی	24	16/06	0/003	31/6	10/1
ضریب تغییرات (%)		26/7	8/21	26/9	3/8

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، و غیر معنی‌دار

جدول 5- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر شاخص‌های کارآیی نیتروژن

تیمارهای آزمایش	کارآیی مصرف نیتروژن (kg/kg)	کارآیی جذب نیتروژن (kg/kg)	کارآیی به کارگیری نیتروژن (kg/kg)	شاخص برداشت نیتروژن (%)
مدیریت بقایا				
حذف بقایا	10/2^{b}	0/65^{b}	16/3^{b}	82/9^{a}
سوزاندن بقایا	20/4^{a}	0/74^{a}	27/5^{a}	84/3^{a}
برگرداندن بقایا	12/6^{b}	0/69^{ab}	18/8^{b}	83 /9^{a}
منابع نیتروژن				
عدم مصرف کود	15/6^{a}	0/78^{a}	19/8^{b}	83/1^{a}
75 کیلوگرم در هکتار اوره	13/4^{a}	^{U}/70^{b}	18/9^{b}	83/03^{a}
150کیلوگرم در هکتار اوره	14/4^{a}	^{U}/54^{c}	26/3^{a}	84/02^{a}
سوپرنیتروپلاس	15/4^{a}	0/79^{a}	19/2^{b}	83/9^{a}
سوپرنیتروپلاس+75 کیلوگرم در هکتار اوره	13/1^{a}	0/65^{b}	20/09^{b}	84/7^{a}

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح آماری 5 درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

کارآیی جذب نیتروژن

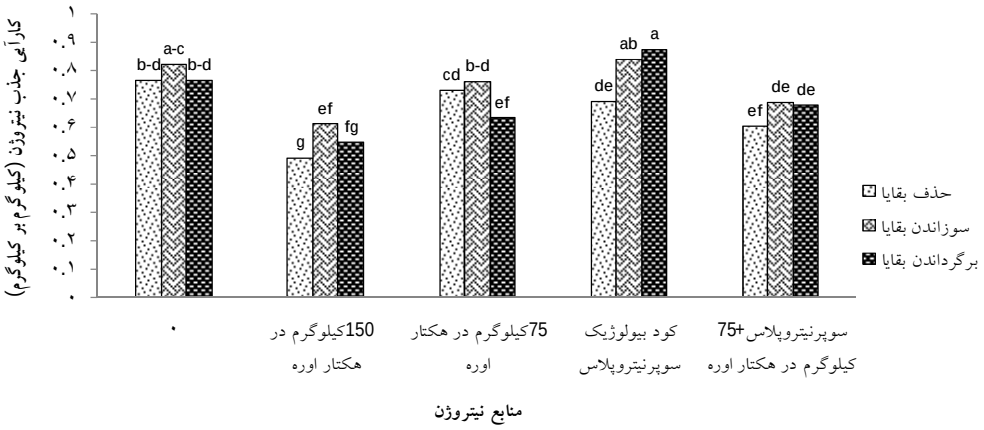
کارآیی جذب، نسبت نیتروژن موجود در زیست توده به نیتروژن اضافه شده به خاک به صورت کود است و نشان می‌دهد که از مجموع نیتروژن مصرف شده، چه میزان از آن در بیوماس تجمع یافته است.نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول 4) نشان داد که اثر مدیریت بقایای گیاهی و منابع مختلف نیتروژن و برهم‌کنش آن‌ها بر کارآیی جذب نیتروژن در سطح پنج درصد معنی‌دار شناخته شد. با توجه به نتایج مقایسات

میانگین (جدول 5) مشخص شد که از بین مدیریت‌های مختلف بر بقایا تیمار سوزاندن بقایا با میانگین (0/74 کیلوگرم بر کیلوگرم) بیشترین و تیمار حذف بقایا با میانگین (0/65 کیلوگرم بر کیلوگرم) کمترین کارآیی جذب نیتروژن را دارا بودند. منابع نیتروژن، استفاده از کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس بیشترین (0/79 کیلوگرم بر کیلوگرم) و کاربرد 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره کمترین (0/54 کیلوگرم بر کیلوگرم) میزان را برای این شاخص نشان دادند. برهم‌کنش این تیمارها نیز حاکی از آن بود که استفاده از کودبیولوژیک سوپرنیتروپلاس در تیمار برگرداندن بقایا بیشترین (0/87 کیلوگرم برکیلوگرم) و تیمار حذف بقایا با کاربرد 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره کمترین (0/49 کیلوگرم بر کیلوگرم) کارآیی جذب نیتروژن را نشان دادند (شکل 7). الوان و عبدالحامد (2011) گزارش دادند که کارآیی جذب نیتروژن می‌تواند به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع منبع تأمین کننده نیتروژن قرار گیرد.

کومار و اهلاوات (2006) نیز نقش ازتوباکتر در افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن توسط گندم را مثبت ارزیابی کردند. باربیری و همکاران (2008) تأکید نموده اند که کارایی جذب نیتروژن در نظام‌های زراعی بسیار متغیر است و تحت تأثیر پتانسیل گیاه در جذب نیتروژن و مورفولوژی و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه قرار دارد که ممکن است همین امر موجب افزایش شاخص جذب نیتروژن تحت تأثیر تیمار برگرداندن بقایا با مکانیسم آزادسازی تدریجی عناصر و در کنار آن کاربرد کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس با قابلیت توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب شده باشد.

کارآیی بکارگیری نیتروژن

این شاخص در واقع توانایی گیاه را در استفاده از نیتروژن موجود در گیاه برای تولید دانه نشان می‌دهد. به عقیده مونت مورو و همکاران (2006) دو عامل اساسی در افزایش کارایی بکارگیری نیتروژن عبارت است از جذب نیتروژن کافی از خاک تا قبل از گلدهی گیاه و هم‌چنین جذب نیتروژن در طی مراحل انتهایی رشد.نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول4) نشان داد که اثر مدیریت بقایای گیاهی و منابع مختلف نیتروژن به لحاظ کارآیی بکارگیری نیتروژن در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش این تیمارها معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول 5) مشخص شد که از بین مدیریت‌های مختلف بقایا، تیمار سوزاندن بقایا با میانگین (27/5 کیلوگرم بر کیلوگرم) بیشترین و تیمار حذف بقایا با میانگین (16/3 کیلوگرم بر کیلوگرم) کمترین کارآیی بگارگیری نیتروژن را دارا بودند. در بین منابع نیتروژن، استفاده از 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره بیشترین (26/3 کیلوگرم بر کیلوگرم) و کاربرد 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره کمترین (18/9 کیلوگرم بر کیلوگرم) میزان را برای این شاخص نشان دادند. برهم‌کنش‌ها نیز نشان داد که عدم کاربرد کود نیتروژن در تیمار سوزاندن بقایا بیشترین (29/8 کیلوگرم بر کیلوگرم) و استفاده از 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره در تیمار حذف بقایا با میانگین 11/5 کیلوگرم بر کیلوگرم، کمترین کارآیی بکارگیری نیتروژن را داشت.به‌طور کلی خارج کردن بقایا از مزرعه به لحاظ خارج کردن منابع در دسترس گیاه، تأثیر سویی بر این شاخص داشته‌است و تنها با مصرف مقادیر بالای کود شیمیایی این شاخص نتیجه قابل‌قبولی ارائه داد. نتایج لوپزبلیدو و لوپزبلیدو (2001) و دلوگو (1998) حاکی از آن است که بهره‌وری نیتروژن در تناوب‌های مختلف بسته به مقادیر کود نیتروژنه مصرفی متفاوت است و با افزایش مصرف نیتروژن بیش از حد مطلوب کارآیی بکارگیری نیتروژن کاهش می‌یابد.



شکل 7- اثر متقابل مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر کارآیی جذب نیتروژن

شکل 8- اثر متقابل مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر شاخص برداشت نیتروژن

شاخص برداشت نیتروژن

شاخص برداشت نیتروژن (NHI) عبارت از نسبت نیتروژن دانه (نیتروژن ذخیره شده در محصول اقتصادی) به کل نیتروژن جذب شده در گیاه است. در واقع این شاخص نمایانگر میزان پروتیین دانه (محصول) است و بنابراین کیفیت تغذیه‌ای دانه را بیان می‌کند (هیرل و همکاران، 2007). نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول 4) نشان داد که اثر مدیریت بقایای گیاهی و منابع مختلف نیتروژن به لحاظ شاخص برداشت نیتروژن در سطح پنج درصد معنی‌دار شناخته نشد. اما برهم‌کنش این تیمارها معنی‌دار شد. گرچه اختلافات بین مدیریت‌های مختلف اعمال شده بر بقایا معنی‌دار نبود ولی با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول 5) مشخص شد که تیمار سوزاندن بقایا با میانگین (84/3 درصد) بیشترین و تیمار حذف بقایا با میانگین (82/9 درصد) کمترین شاخص برداشت نیتروژن را داشتند. در بین منابع نیتروژن نیز بدون تفاوت معنی‌دار، مشاهده شد که کاربرد 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره کمترین (83/03 درصد) و کاربرد ترکیب کود بیولوژیک و شیمیایی بیشترین (84/7

درصد) شاخص برداشت نیتروژن را دارا بودند. برهم‌کنش‌ها نیز حاکی از این بود که بیشترین میزان این شاخص (88/3 درصد) در تیمار برگرداندن بقایا با کاربرد 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره و کمترین میزانآن (80/1 درصد) در تیمار حذف بقایا بدون کاربرد کود نیتروژن به‌دست آمد (شکل 8). نتایج نشان‌دهنده تغییرات اندک در میزان این شاخص بود و به‌طور کلی تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده نوسانات اندکی نشان داد، با این‌حال در تیمار برگرداندن بقایا با حداقل میزان کود شیمیایی این شاخص به حداکثر مقدار خود رسید. نتایج هاگینز و پان (1993) نیز نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح نیتروژن اعمال شده بر این شاخص بود.

آگاهی از واکنش گیاهان براساس شرایط محیطی به سطوح و یا منابع تأمین کننده نیتروژن ضروری می‌باشد (کانت و همکاران، 2011). نتایج تیمارهای اعمال شده بر عناصر خاک حاکی از این بود که برگرداندن بقایا حتی در مدت کوتاه دوره رشد گیاه نیز توانسته است اثرات مثبتی بر خاک داشته و تا حدی باعث بهبود آن شود به‌طوری‌کهبیشترین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک در تیمارهای تحت مدیریت برگرداندن بقایا مشاهده شد. تأثیر تیمارهای به کاررفته بر شاخص‌های کارآیی نیتروژن نیز حاکی از آن بود که دستیابی به حداکثر میزان کارآیی جذب نیتروژن در استفاده از روش برگرداندن بقایا به‌همراه استفاده از کود بیولوژیک حاصل شد و بیشترین شاخص برداشت نیتروژن نیز در همین ترکیب تیماری به‌همراه مصرف 75 کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد ولی سوزاندن بقایای گیاهی نیز تأثیر مثبتی بر شاخص کارایی مصرف و به‌کارگیری نیتروژن داشت. هم‌چنین قابل ذکر است که برای تمام شاخص‌های نیتروژن اندازه‌گیری شده تیمار حذف بقایا کمترین کارآیی را نشان داد.در مجموع نتایج نشان دهنده این مطلب است که با اتخاذ مدیریت مناسب بر بقایای گیاهی سال قبل می‌توان از هدر رفت منبع عناصر غذایی جلوگیری نموده که در این راستا گزینش ترکیب کودی مناسب از منابع شیمیایی و بیولوژیک با هدف کاهش سطح کود شیمیایی می‌تواند سودمند باشد. هم‌چنین کاربرد توأم این راهکارها هم از لحاظ اکولوژیکی قابل توصیه است و هم از نظر کارآیی در سطح بالایی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

رحیمی‌زاده م، کاشانی ع، زراع‌فیض‌آبادی ا، کوچکی ع و نصیری محلاتی م، 1389. کارآیی مصرف نیتروژن در تناوب‌های زراعی دوگانه گندم در شرایط مقادیر متفاوت نیتروژن و برگشت بقایای محصول. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد سوم، شماره 3، صفحه‌های 125 تا 142.

رضوانی‌مقدم پ سیدی س م و آزاد م، 1393.مقایسه تأثیر منابع آلی، شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد سی‌ام، شماره 2. صفحه‌های 260 تا 274.

قبادیان ع، 1353. روش‌های آزمایش در پدولوژی. آزمایشات شیمیایی. انتشارات دانشگاه جندی شاپور.

کوچکی ع، غلامی ا، مهدوی‌دامغانی ع م و تبریزی ل، 1386. اصول کشاورزی زیستی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

Ankumah RO, Khan V, Mwamba K and Kpomblekou. AK, 2003. The influence of source and timing of nitrogen fertilizers on yield and nitrogen use efficiency of four sweet potato cultivars. Agriculture. Ecosystems and Environment, 100: 201- 207.

Bakht J, Shafi M, Tariq JM and Shah Z, 2009. Influence of crop residue management, cropping system and N fertilizer on soil N and C dynamics and sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production. Soil and Tillage Research, 104: 233- 240.

Barbieri PA, Echeverria HE and SainzRozas HR, 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen available and row spacing. Agronomy Journal, 100: 1094- 1100.

Deibert EJ and Utter RA, 2002. Edible dry bean plant growth and NPK uptake in response to different residue management systems. Community of Soil Science of Plant Analysis, 33: 1959- 1974.

Delogu G, Cattivelli L, Pecchioni N, Defalcis D, Maggiore T and Stanca AM, 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy, 9: 11-20.

Elwan MWM and Abd El- Hamed KE, 2011. Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. Scientia Horticulturae, 127 (3): 181- 187.

Fageria NK and Baligar VC, 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy, 88: 97- 185.

Gangwar KS, Singh KK, Sherma SK and Tomar OK, 2006. Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo- Gangetic Plains. Soil and Tillage Research, 88: 242- 252.

Gentile R, Vanlauwe B, Chivenge P and Six J, 2008. Interactive effects from combining fertilizer and organic residue inputs on nitrogen transformations. Soil Biology and Biochemistry, 40: 2375- 2384.

Gliessman SR, 2001. Agroecosystem sustainability developing practical strategies. Boca Raton: CRC Press.

Hirel B, Le Gouis J, Ney B and Gallais A, 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: toward a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. Journal Express of Botany, 58 (9): 2369- 2387.

Huggins DR and Pan WL, 1993. Nitrogen efficiency components analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Agronomy Journal, 85 (4): 898- 905.

Iqbal SM, 2009 .Effect of crop residue qualities on decomposition rates, soil phosphorous dynamics and plant phosphorous uptake. PhD.Thesis, University of Adelaide, Adelaide, Australia.

Kant S, Bi YM and Rothstein SJ, 2011. Understanding plant response to nitrogen limitation for the improvement of crop nitrogen use efficiency. Journal of Experimental Botany, 62 (4): 1499- 1509.

Kumar V and Ahlawat IPS, 2006. Effect of biofertilizer and nitrogen on wheat (*Triticum aestivum*) and their after effects on succeeding maize (*Zea mays*) in wheat- maize cropping system. Indian Journal of Agricultural Sciences, 76 (8): 465- 468.

Kumar K and Goh, KM, 2000. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. Advances of Agronomy, 68: 197-319.

Limon- Ortega A, Govaerts B and Sayre KD, 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. European Journal of Agronomy, 29: 21- 28.

Lopez- Bellido RJ and Lopez- Bellido L, 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean condition: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crops Research, 71: 31-64.

Mahler RL, Koehler FE and Lutcher LK, 1994. Nitrogen source, timing of application and placement: Effects on winter wheat production. Agronomy Journal, 86: 637- 642.

Marino MA, Mazzanti A, Assuero SG, Gastal F, Echeverria HE and Andrade F, 2004. Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during winter-spring growth of annual ryegrass. Agronomy Journal, 96: 601- 607.

Melillo JM, Aber JD and Muratore JF, 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. Ecology, 63: 621- 626.

Moll RH, Kamprath EJ and Jackson WA, 1982. Analysis and interpretation of is factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal, 74: 562- 564.

Montemuro F, Maiorana M, Ferri D and Convertini G, 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. Field Crops Research, 99: 114- 124.

Olsen SR, Cole CV, Watenabe FS and Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate.U. S. Department of Agriculture, Cris 939.USA.

Otto WM and Preez CC, 2010. Grain yield, nitrogen uptake and use efficiency components of South African irrigation wheat cultivars under different nitrogen management strategies. South African Journal of Plant and Soil, 27 (3): 199- 206.

Raun WR and Johnson GV, 1991.Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal, 91: 357- 363.

Sakala WD, Cadisch G and Giller KE, 2000.Interactions between residues of maize and pigeonpea and mineral N fertilizers during decomposition and N mineralization. Soil Biology and Biochemistry, 32: 679- 688.

Tariq Jan M, Jamal Khan M, Khani A, Arifi M, Shafi M and Farmanullah H, 2010.Wheat nitrogen indices response to nitrogen source and application time. Pakistan Journal of Botany, 42 (6): 4267- 4279.

Thuy NH, Shan Y, Singh B, Wang K, Cai Z, Singh Y and Buresh RJ, 2008. Nitrogen supply in rice-based cropping systems as affected by crop residue management. Soil Science Society of American Journal, 72: 514- 523.

Wang KLH, Wang KRJ and Buresh RJ, 2007. Residue management for improving soil fertility and sustainable crop productivity in China.pp. 689- 697.Proceeding International Rice Conference. New Delhi, India.

Wang Q, Bai Y, Gao H, He J, Chen H, Chesney RC, Kuhn NJ and Li H, 2008. Soil chemical properties and microbial biomass after 16 years of no- tillage farming on the Loess Plateau, China. Geoderma, 144: 502- 508.

Yadvinder S, Singh B, Ladha JK, Khind CS, Khera TS and Bueno CS, 2004. Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice-wheat rotation.Soil Science Society of American Journal, 68: 854- 864.